

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Гиродин для управления космическим аппаратом

УДК 629.782.062.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Ни Денис Романович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Костюченко Т. Г.	к.т.н. доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Спицын В. В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД ИШНКБ	Анищенко Ю. В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гормаков А. Н.	к.т.н. доцент		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	Профессиональные компетенции	
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для разработки, производства, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения	Требования ФГОС (ОПК-1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10;. ОК-3,9; ПК-2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11.12, 13, 14, 15, 16,17, 18), Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Участвовать в технологической подготовке производства, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК-7; ПК-8,9,10, 11, 12, 13-18) Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Эксплуатировать и обслуживать современные средств измерения и контроля на производстве, обеспечивать поверку приборов и прочее метрологическое сопровождение всех процессов производства и эксплуатации средств измерения и контроля; осуществлять технический контроль производства, включая внедрение систем менеджмента качества	Требования ФГОС (ОК-9, ОПК-3; ПК-14, 15, 16). Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P4	Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей проектирования и производства при решении конкретных задач приборостроительного производства, с использованием передовых технологий; критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ОК-3,ОК-6, ОПК-2, 3,4, 5, 6, 7,8,9, ПК-1,2,9,14). Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своему профилю с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6 ОПК-2, 3,4,5,6; ПК-1,2,3,4). Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P6	Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-6,8,14,17), Критерий 5 АИОР (п.2.1),

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции	согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
	Универсальные компетенции	
P7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-6, ПК-17), Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-2), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-2, 4, 8, 9,10; ОПК-9) Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-4), Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Отделение школы (НОЦ) Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4В	Ни Денису Романовичу

Тема работы:

Гиродин для управления космическим аппаратом	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	16.11.2017 №9067/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект разработки – гиродин для управления космическим аппаратом. Требования к гиродину: - Кинетический момент 5 Нмс - Угловая скорость 6000 об/мин - Потребляемая мощность 15 Вт - Ресурс работы 10 лет
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Создание конструкции гироина Создание 3D модели гироина Расчет параметров гироина Дополнительные разделы: «Финансовый менеджмент ресурсоэффективность, энергосбережение» «Социальная ответственность»

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	3D модели элементов конструкции гироидина Сборочный чертеж Чертеж детали
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Социальная ответственность»	Анищенко Юлия Владимировна, доцент ОКД, ИШНКБ
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, энергосбережение»	Спицын Владислав Владимирович, доцент ШИП
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Костюченко Т.Г.	К.Т.Н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Ни Д.Р.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4В	Ни Денису Романовичу

Институт	ИШНКБ	Кафедра,,	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объекты исследования – проектирование гиродина для управления космическим аппаратом Оборудование и материалы: конструкторский комплекс программ T-FLEX CAD, персональный компьютер
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования.	Вредными факторами являются отсутствие или недостаток естественного света; Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; Повышенный уровень шума на рабочем месте. К опасным факторам относится поражение электрическим током.
2. Экологическая безопасность: Анализ влияния используемого оборудования на окружающую среду	Утилизация вредных отходов производства.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Пожар; ситуации природного характера.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Право на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены; Использование оборудования и мебели согласно антропометрическим факторам.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.02.2018г.
--	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД ИШНКБ	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Ни Д.Р.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4В	Ни Денису Романовичу

Инженерная школа	Неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Научно-техническое исследование проводится в лабораторной аудитории №105, 4 корпус, ИШНКТБ, ТПУ, отделение электронной инженерии. В работе над проектом задействованы 2 человека: научный руководитель и студент-дипломник
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»; Минимальный размер оплаты труда в 2018 году составляет 9750 рублей.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам – 30% от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Потенциальные потребители результатов исследования; - Анализ конкурентных технических решений
2. Планирование процесса управления НИТ: структура и график проведения, бюджет, и организация закупок	- Структура работ в рамках научного исследования; - Разработка графика проведения научного исследования;
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта	-Анализ и оценка научно-технического уровня проекта;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Спицын В. В.	К.Т.Н. Доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Ни Д. Р.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 70 листов, 18 рисунков, 14 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: гиродин, кинетический момент, момент инерции.

Объектом исследования является гиродин.

Целью работы является проектирование конструкции гиродина, расчет его параметров и создание 3D модели исполнительного органа.

В ходе работы произведены расчеты массогабаритных параметров гиродина, критической скорости и массы всего исполнительного органа. Построена 3D модель конструкции с помощью программы T-Flex CAD15. Определены экономическая эффективность и экологическая безопасность.

Основными характеристика проектируемого гиродина являются: кинетический момент равный 5 Нмс и угловая скорость вращения маховика равная 6000 об/мин.

Оглавление

Введение.....	11
1. Назначение и состав системы ориентации космического аппарата	12
2. Исполнительные органы системы ориентации	17
3. Описание конструкции гиродина	19
3.1. Маховик	19
3.2. Гиродвигатель	20
3.3. Моментный привод.....	22
3.4 Построение 3D модели исполнительного органа	22
4. Расчетная часть.....	27
4.1. Расчет параметров маховика.....	27
4.2. Расчет критической скорости	36
4.3. Расчет массы исполнительного органа	38
5 Социальная ответственность	39
5.1. Производственная безопасность.....	39
5.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования	39
5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	40
5.1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	43
5.2. Экологическая безопасность.....	44
5.2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	44
5.2.2. Анализ «жизненного цикла» объекта исследования.....	44
5.2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	45

5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	47
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	48
5.4.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.....	48
5.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	50
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	51
6.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	51
6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	51
6.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	51
6.1.3 Технология QuaD	53
6.1.4 SWOT – анализ.....	54
6.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	57
6.3. Планирование научно – исследовательских работ.....	58
Вывод по разделу « Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение».....	62
Заключение	63
Список использованных источников	64
Приложение А ФЮРА 526252.007.Сборочный чертеж и спецификация	66
Приложение Б ФЮРА.314517.007. Рабочий чертеж.....	70

Введение

При разработке исполнительных органов, входящих в состав системы ориентации космических аппаратов (КА) требуется учитывать множество требований: по диапазону управляющих моментов, точности, ресурсу работы, потреблению энергии, габаритам и массе, надежности. Обеспечение данных требований является комплексной задачей.

Целью данной работы является проектирование гиродина системы ориентации КА на базе силового гироскопа для управления по одной оси. В техническом задании представлены технические характеристики исполнительного органа. Для достижения данных требований в работе произведен расчет массогабаритных параметров маховика, критической скорости, массы всего исполнительного органа.

По рассчитанным параметрам построена 3D модель гиродина в программе T-Flex CAD 15. Для повышения эффективности построенная модель включает параметризацию.

1. Назначение и состав системы ориентации космического аппарата

Под термином «Космический аппарат (КА)» можно воспринимать различные технические устройства, предназначенные для работы в космическом пространстве.

К КА относятся:

1. Спутники, которые делятся на: метеорологические; навигационные; спутники связи и т.п. ;
2. Космические корабли;
3. Космические станции.

Система ориентации – это комплекс приборов и устройств, связанных функционально и обеспечивающих необходимую ориентацию КА [1]. Без определенной ориентации корпуса в пространстве КА не сможет правильно функционировать. Эта задача систем ориентации КА, которая разделяется на подзадачи:

1. обеспечение электроэнергией бортовой аппаратуры, т.е. участие в осуществление маневров, обеспечивающих максимальную освещенность солнечных батарей;
2. обеспечение связи, т.е. наведение остронаправленных антенн на пункты приема-передачи информации и команд;
3. обеспечение задач навигации, т.е. осуществление программных маневров и коррекции траектории;
4. обеспечение научных исследований (изучение планет, астрофизических объектов и т.п.);
5. обеспечение решений задач народного хозяйства (спутники связи, метеорологические спутники и т.д.).

Данные задачи сводятся к двум основным направлениям: управление движением центра масс и управление движением относительно центра масс.

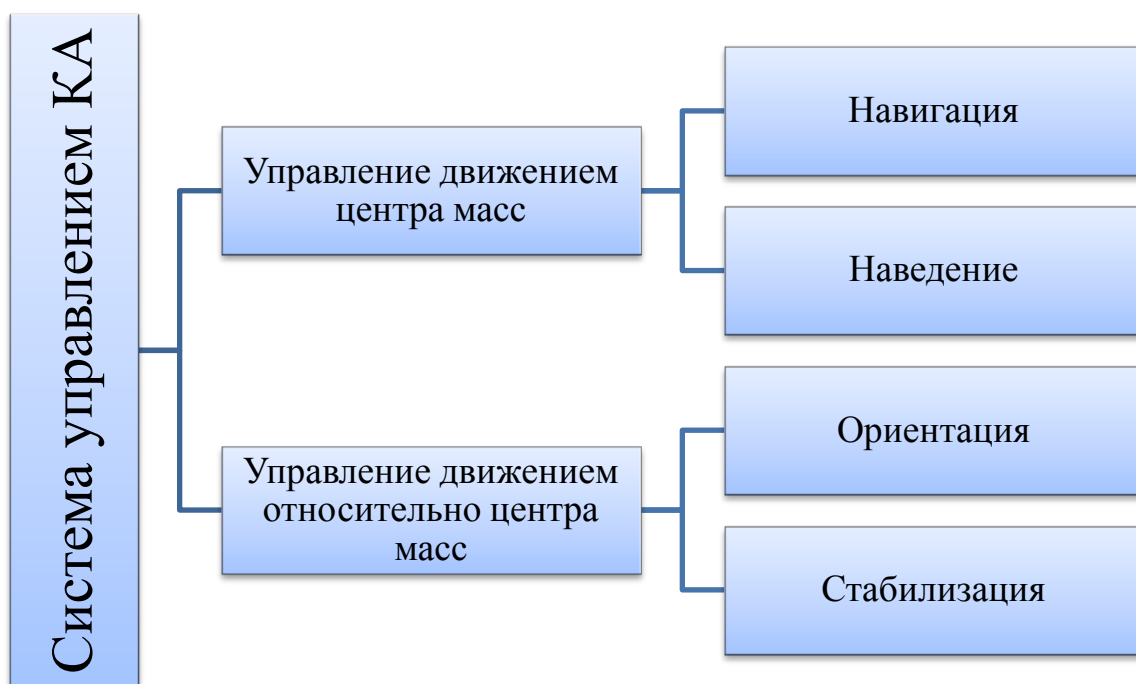


Рисунок 1.1 - Основные направления системы управления КА

Управление движением центра масс обеспечивает необходимую величину управляющих воздействий для вывода космического аппарата в расчетную точку пространства с заданной скоростью в требуемый момент времени. Управление движением относительно центра масс создает необходимую величину и направление управляющих воздействий для создания требуемого углового движения космического аппарата относительно его центра масс, чтобы гарантировать совмещение осей космического аппарата с осями системы координат, называемой базой.

Системы ориентации можно разделить на два типа

1. Одноосные
2. Трехосные

Как видно из названия, одноосная система позволяет ориентировать одну ось КА, пример такой системы: система радиосвязи с Землей. Трехосная система позволяет обеспечить ориентацию по всем трем осям КА. Принцип работы трехосной системы основан на приложении крутящего момента определенной величины и знака.

По способу приложения момента системы делятся на:

1. Активные – чтобы получить управляющий момент, необходимо использовать рабочее тело, отбрасываемое реактивными двигателями или электрическую энергию от бортовых источников;

2. Пассивные – в таких системах для генерирования момента используют внешние моменты, действующие на КА, из – за взаимодействия с гравитационным и магнитным полями;

3. Комбинированные – такие системы могут использовать внешние моменты и электроэнергию от бортовых источников, чтобы получить управляющий момент.

В зависимости от степени участия человека в управлении системы ориентации подразделяют на автоматические, полуавтоматические и системы ручной ориентации. Эти типы систем особых пояснений не требуют.

В зависимости от точности системы ориентации делят на: грубые; средние и точные. В грубых системах точность ориентации до 10° , в средних единицы градусов, в точных угловые минуты.

Существует ряд других признаков, по которым возможно классифицировать системы ориентации. Однако из отмеченного следует, что одна и та же система ориентации по своим техническим характеристикам может быть отнесена к нескольким классам: автоматической, точной, активной и т.д.[1]

Классическая схема системы ориентации представлена на рисунке 1.2. Благодаря такой структуре во многих режимы управления можно использовать одни и те же приборы

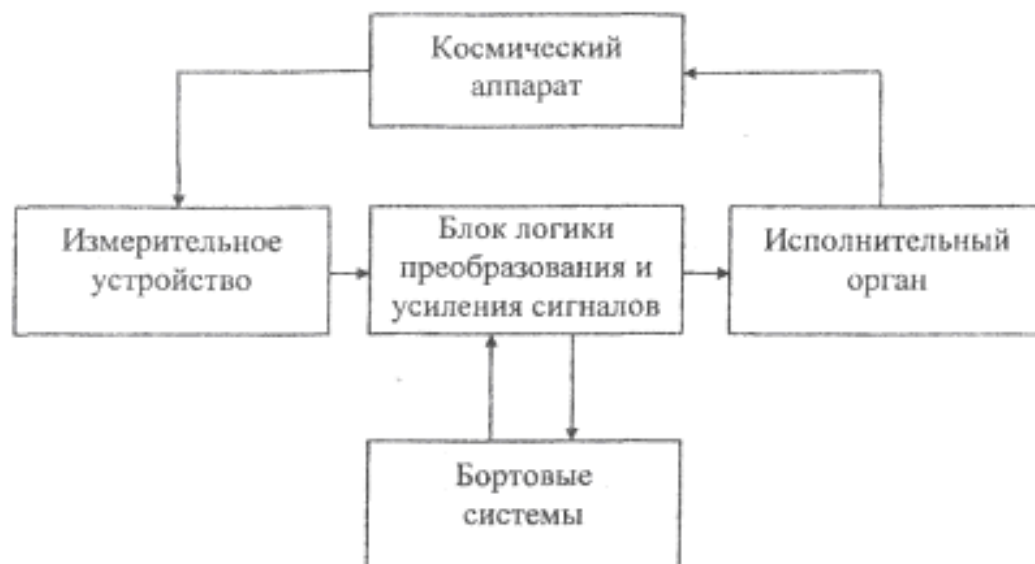


Рисунок 1.2 - Классическая структурная схема

Датчик формирует сигналы, показывающие положение космического аппарата относительно избранной системы координат. Этот сигнал поступает в блок логики, где производится его анализ, сравнение, необходимые математические операции и преобразование в вид, удобный для дальнейшего использования. На основе проведенного анализа вырабатывается решение о работе системы ориентации в последующие моменты времени. Кроме этих сигналов в блок логики поступают команды от других бортовых систем, которые дополняют информацию, поступающую от датчиков. С блока логики, преобразованные и усиленные сигналы, поступают к ИО. В результате их работы к космическому аппарату прикладываются управляющие моменты, которые изменяют его угловое положение. Пример функциональной релейной схемы угловой стабилизации космического аппарата приведен на рисунке 3.



Рисунок 1.3 - Функциональная релейная схема угловой стабилизации космического аппарата

Для ориентации, стабилизации и обработки программных угловых движений космическим аппаратом в настоящее время наибольшее распространение в качестве исполнительных органов получили двигатели-маховики, выполняющие функции силовых гироскопов при установке их в карданов подвес.

Двигатели-маховики и силовые гироскопы генерируют управляющие моменты путем изменения количества движения маховиков и гироскопов, имеющих вращающиеся маховые массы. В соответствии с законом изменения кинетического момента системы происходит приложение момента к корпусу космического аппарата.

В плане обеспечения постоянно растущих требований силовые гироскопы имеют очевидные достоинства перед остальными типами ИО благодаря присущему им свойству - усиливать управляющий момент. К тому же ИО на силовых гироскопах имеют преимущество по массогабаритным характеристикам и энергопотреблению по сравнению с исполнительными органами, например, на базе реактивных сопел.

2. Исполнительные органы системы ориентации

Гиродвигатель (ГД) предназначен для разгона маховой массы за определенный промежуток времени до номинальной скорости и для обеспечения затем стабильного вращения ее при минимальном потреблении энергии. Области применения и условия работы ГД – это области применения и условия работы гироскопических приборов.

Гироскоп представляет собой силовой гироскоп, установленный в одноосный подвес, аналогично земному прототипу. В активном варианте на оси подвеса устанавливаются в качестве моментного устройства либо датчик момента, либо привод вращения рамок, в пассивном – демпфирующее устройство (упруго-вязкий амортизатор).

Принцип работы гироскопа заключается в генерации управляющих моментов путем изменения кинетического момента маховиков. В соответствии с законом изменения кинетического момента системы происходит приложение момента к корпусу КА.

Двухстепенной гироскоп обладает двумя степенями свободы относительно корпуса космического аппарата. Одна связанная с главной осью гироскопа, относительно которой генерируется вектор кинетического момента H , а вторая – с осью подвеса двигателя-маховика.

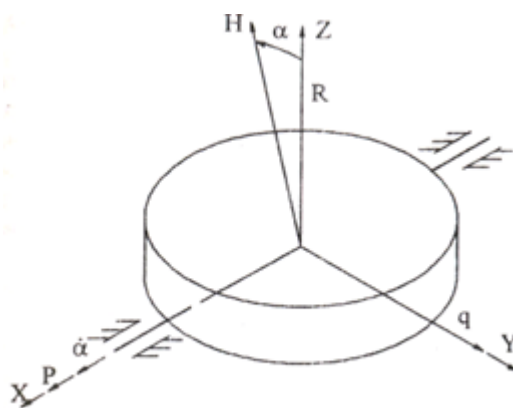


Рисунок 2.1 – Исполнительный орган на базе двухстепенного гироскопа

Принцип действия ИО на базе двухстепенного гироскопа основан на присущих такому устройству гироскопических свойствах. Например, для управления по оси Y силовой гироскоп ориентирован, как показано на рисунке

2.1 и корпус его жестко крепится на корпусе космического аппарата. Силовой гироскоп имеет возможность поворачиваться вокруг оси X , поэтому угол α между вектором H и осью Y будет переменным. Момент моментное устройство создает управляющий момент M относительно оси Y . Под действием этого момента вектор H поворачивается вокруг оси X с угловой скоростью $\dot{\alpha}$. Через конструкцию силового гироскопа и исполнительного органа на корпус космического аппарата приложится гироскопический момент, вектор которого в первый момент будет направлен вдоль оси Y и численно равен [1].

$$M = H \cdot \dot{\alpha}, \quad (2.1)$$

где M - момент управляющий; H – кинетический момент; $\dot{\alpha}$ - угловое ускорение.

Стоит заметить что на значение управляющего момента влияют: момент инерции гироузла, момент трения, скорость вращения и ряд других параметров.

3. Описание конструкции гиродина

Основой устройства гиродина является осесимметричный маховик, обладающий довольно значительной массой. В качестве приводов для маховиков обычно применяют электрические двигатели различных типов. Гиродин состоит из нескольких функциональных узлов:

1. Маховик;
2. Гиродвигатель;
3. Моментный привод.

3.1. Маховик

Маховик необходим для создания требуемого кинетического момента равного $H = 5 \text{ Нмс}$. Маховик состоит из следующих частей:

1. Обод, вынесенный на максимальный радиус;
2. Ступицу, с помощью которой осуществляется посадка на вал;
3. Диафрагму, связывающую обод и ступицу.

Маховики могут иметь разнообразную форму. Различные конструктивные формы представлены на рисунке 3.1

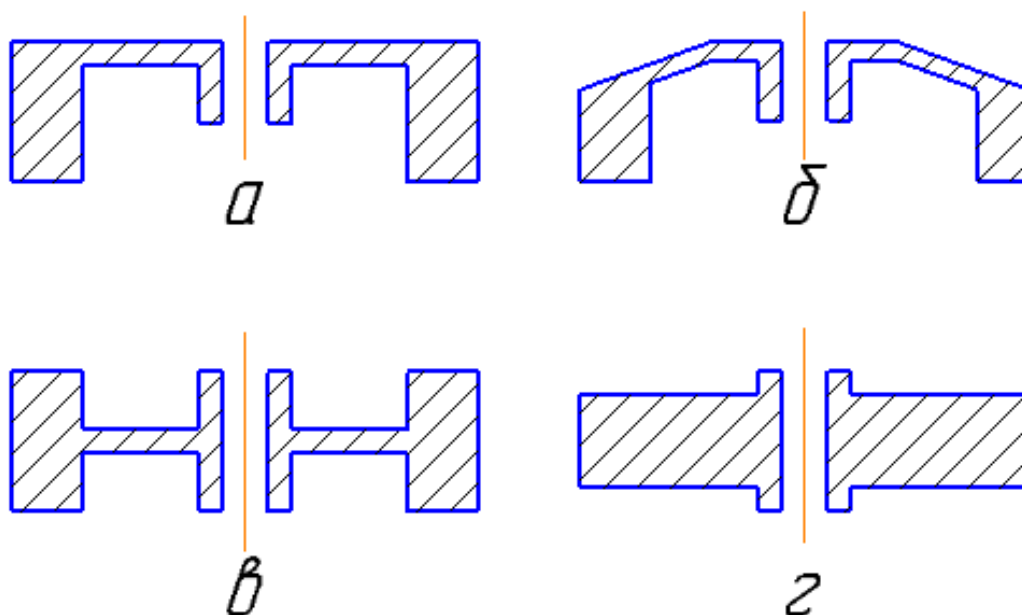


Рисунок 3.1 – Формы конструкции маховиков

При выборе формы и размеров маховика стремятся к, следующим требованиям [2]:

1. Оптимальное сочетание массы и размеров маховика для получения требуемого момента инерции;
2. Минимальные размеры гиродина;
3. Минимальные углы отклонения рамок подвеса;
4. Минимальный момент аэродинамический момент.

Наиболее эргономичной форма маховика находится под пунктом б. Данная форма позволит уменьшить габаритные размеры гиродвигателя, что позволит конструкции гиродина стать более компактной.

3.2. Гиродвигатель

Гиродвигатель представляет собой функциональный узел, состоящий из:

1. Электродвигателя (ЭД) ;
2. Датчика положения ротора (ДПР).

В качестве электродвигателя используется бесконтактный двигатель постоянного тока (БДПТ). Данный тип электродвигателя обладает рядом преимуществ по сравнению с другими типами:

1. Высокий КПД;
2. Большой срок службы;
3. Надежность;
4. Отсутствие скользящих контактов;
5. Большое значение пускового момента.

Однако в таком типе двигателя присутствуют и недостатки:

1. Использование дорогих материалов (магнитов) увеличивает стоимость;
2. Ограниченный срок службы электронного узла.

Ротор ЭД механически соединяется с маховиком с помощью винтов. Статор ЭД соединяется с корпусом прибора.

Датчик положения ротора (ДПР) — элемент электропривода, позволяющий определить положение ротора электрической машины. Информация о положении ротора, полученная от ДПР, используется для управления электродвигателем и электрогенераторами [1].

Существуют различные виды ДПР:

- Магнитоиндукционный (т.е. в качестве датчика используются собственно силовые катушки, но иногда используются дополнительные обмотки)
- Магнитоэлектрический (датчик Холла)
- Оптоэлектрический (светодиод-фотодиод, светодиод-фототранзистор, светодиод-фототиристор).

Магнитоиндукционный ДПР представляет собой силовые катушки, работающие на переменном токе. Такие датчики хорошо согласуются со схемой коммутатора, обеспечивают необходимую выходную мощность и гальваническую развязку выходных сигналов. Они относительно просты в изготовлении и могут обеспечить работу в широком диапазоне изменения температур и давления, а также в условиях повышенной влажности.

Оптоэлектрический ДПР представляет собой цилиндрический экран, связанный с ротором, выполненный из постоянного магнита. Внутри экрана помещен неподвижный источник света. Оптическое устройство во вращающемся экране формирует луч света, который попадает на неподвижные фоточувствительные элементы, установленные вокруг экрана. При вращении ротора фоточувствительные элементы последовательно возбуждаются, вырабатывая управляющие сигналы, которые поступают на электронную схему коммутации. Последняя работает таким образом, чтобы генерируемый в статоре электродвигателя ток протекал в направлении, необходимом для создания вращающего момента.

При выборе типа фоточувствительных устройств учитывают необходимость обеспечения высокого быстродействия, малых размеров, хорошей чувствительности к свету, минимальной чувствительности к

изменению температуры. Отрицательным фактором при использовании фоточувствительных устройств являются ограничения, накладываемые на электродвигатель по диапазону рабочих температур, времени работы и потреблению электрической энергии.

Магнитоэлектрический ДПР представляет собой датчик Холла. Постоянные магниты установленные на роторе создают магнитное поле, на которое реагирует датчик Холла. Датчики считывают угловую позицию вала и передают эту информацию схеме управления, которая обеспечивает своевременное отпирание и запирание силовых ключей электронного коммутатора обмоток статора.

3.3. Моментный привод

Моментный привод состоит из следующих функциональных узлов[3]

1. Моментного двигателя;
2. Датчик угла.

3.4 Построение 3D модели исполнительного органа

С помощью программы T-Flex CAD 15 построены 3D модели деталей, входящих в состав гироидина, они представлены на рисунках 3.2 – 3.9.

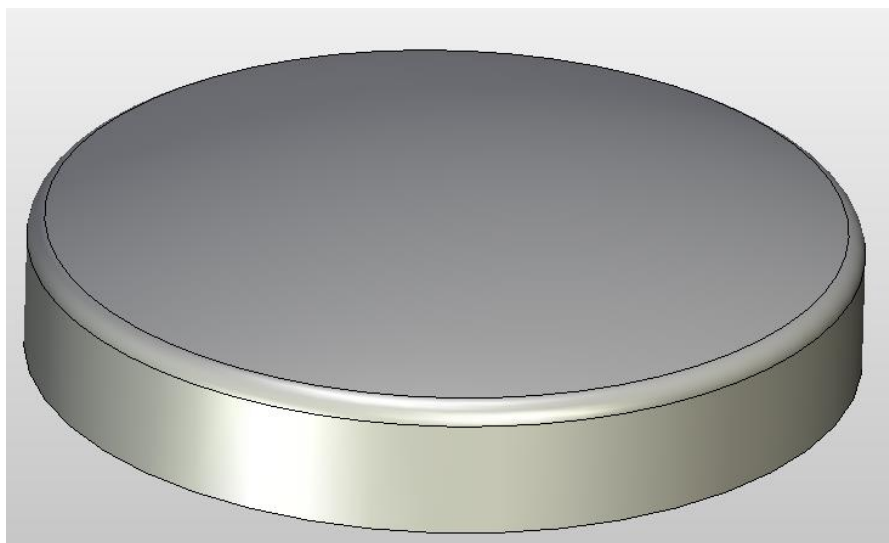


Рисунок 3.2 – 3D модель кожуха гироидина

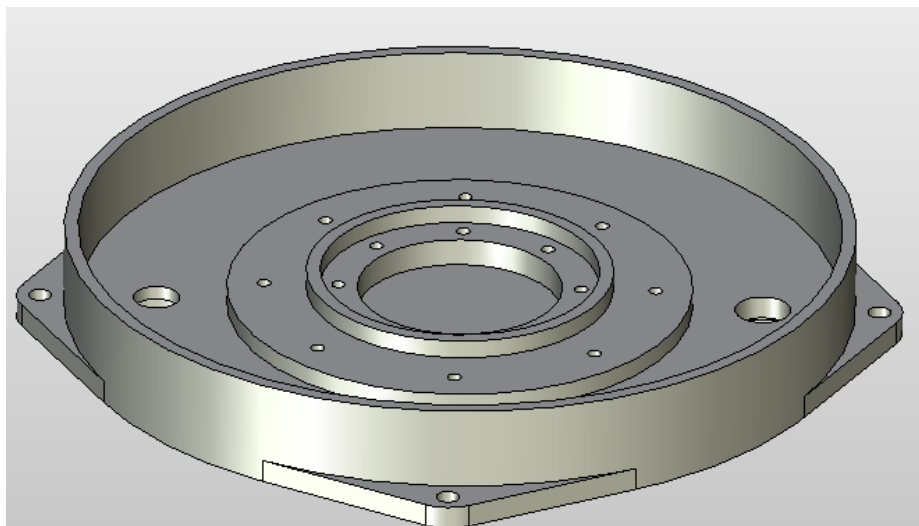


Рисунок 3.3 – 3D модель основания гироина

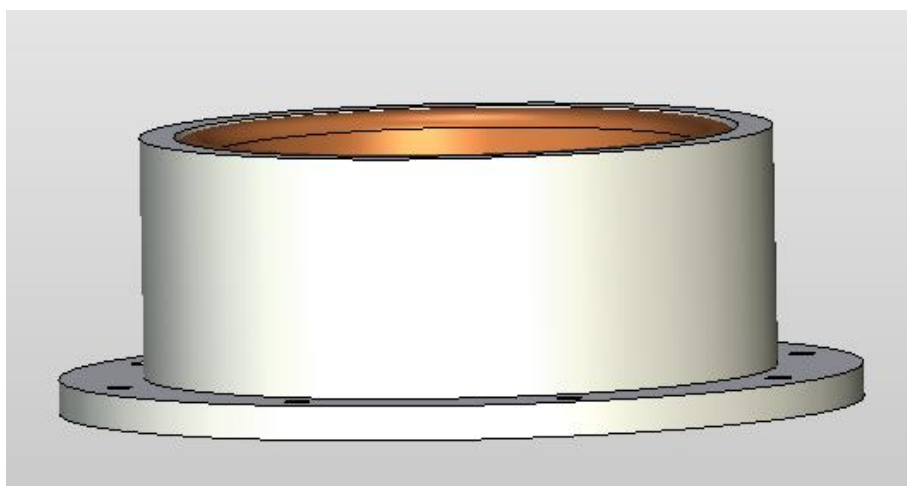


Рисунок 3.3 – 3D модель статора ЭД гироина

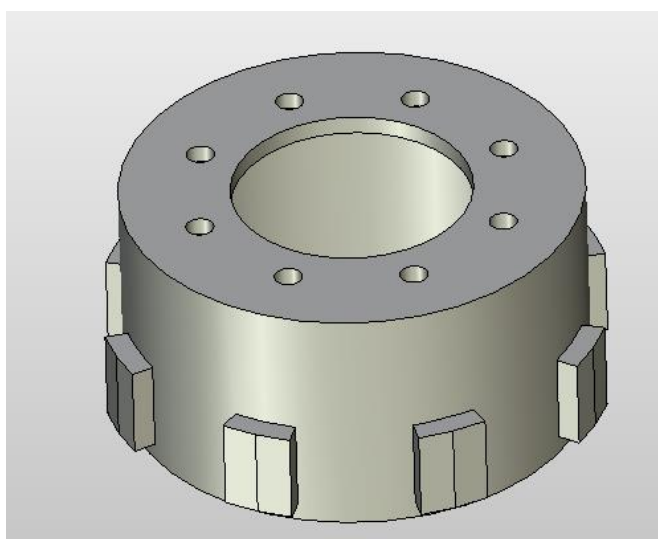


Рисунок 3.4 – 3D модель ротора ЭД гироина

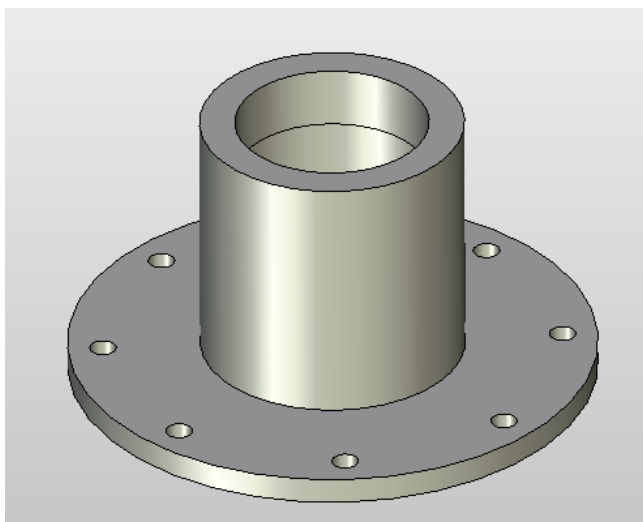


Рисунок 3.5 – 3D модель стакана гироскопа

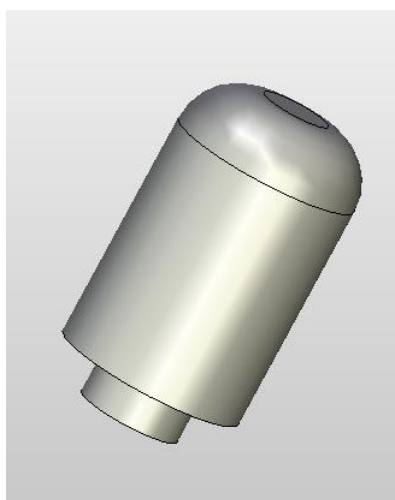


Рисунок 3.6 – 3D модель Ш
штуцера для выкачки воздуха

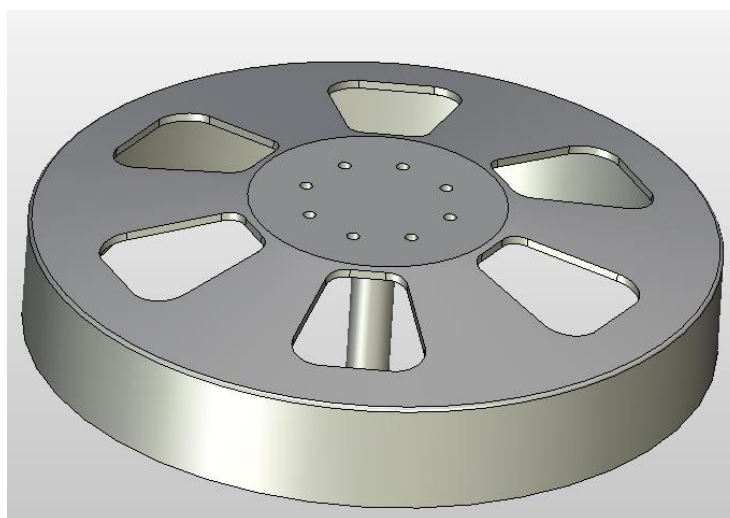
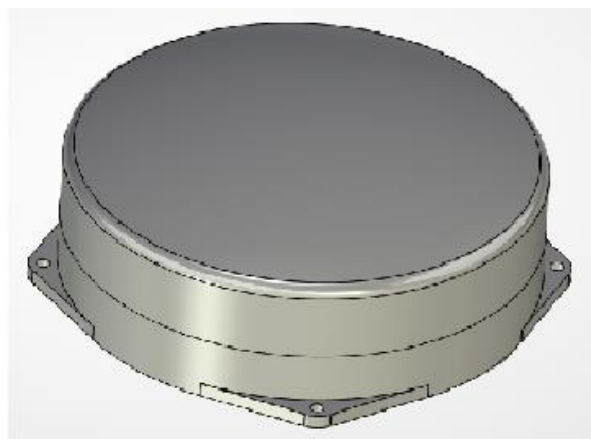
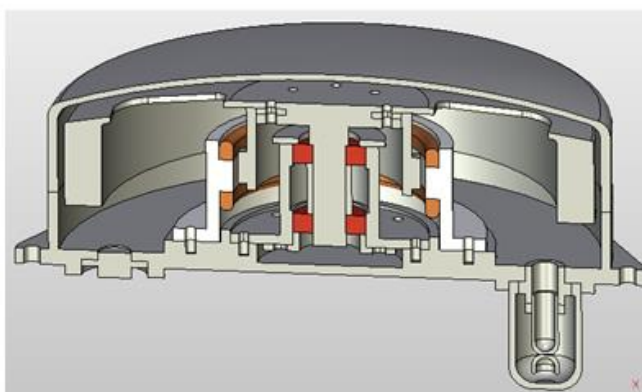


Рисунок 3.7 – 3D модель маховика гироскопа



а



б

Рисунок 3.8 – 3D модель сборки гиродин:

а - в целом виде; б- в рассеченном виде

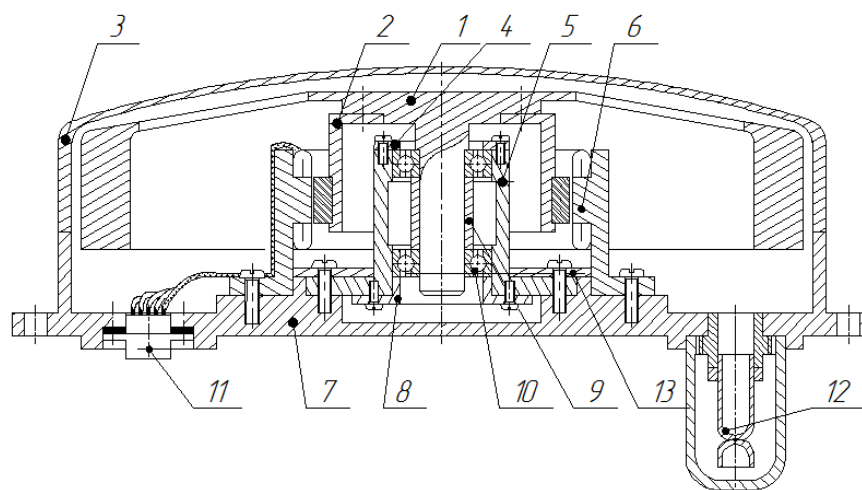


Рисунок 3.9 – Общий вид конструкции:

1- маховик; 2- ротор ЭД; 3- кожух; 4- фланец; 5- стакан; 6- статор ЭД; 7- основание; 8- фланец; 9- втулка; 10- подшипник; 11- герметичный разъем для питания; 12- штуцер; 13- платформа для ДПР

Конструкция гиродина представляет собой маховик 1, выполненный заодно с валом, установленный на шарикоподшипниковые опоры 10. Маховик с подшипниками устанавливается в стакан 5, который закреплен на основании 7. Для создания шарикоподшипникового узла в конструкции предусмотрены фланец 4, фланец 8 и втулка 9.

Статор ЭД 6 также крепится на основание 7. Маховик 1 соединен с ротором ЭД 2. Конструкция закрывается кожухом 3. Питание электродвигателя производится через разъем 11. Штуцер 12 необходим для выкачивания воздуха из камеры. На платформу 13 устанавливается ДПР в виде датчика Холла.

Маховик 1 выполнен из марки стали 40Х13. [4] Опоры маховика выполнены из пары подшипников 1000900 [5]. В подшипники закладывается смазка ВНИИНП- 274 по 0.05 грамм. Данная смазка работоспособна в вакууме.

Статор ЭД выполняется из пластмассы АГ4В и медной обмотки. Основание 7 и кожух 3 выполняются из алюминиевого сплава для уменьшения общего веса конструкции. Штуцер 12 представляет собой медную трубку соединенной с корпусом с помощью детали из алюминиевого сплава. Питание электродвигателя производится через разъем 11, тип РСГ АВ0.364.947ТУ. [5]

4. Расчетная часть

В расчетной части работы проведен поиск оптимальных масса-габаритных размеров маховика.

Начальные данные для расчета:

1. Кинетический момент $H = 5 \text{ Нмс}$
2. Скорость вращения маховика 6000 об/мин

4.1. Расчет параметров маховика

Расчет параметров маховика является сложной задачей. Для расчета использована следующая методика расчета:

Первым основным расчетным параметром маховика является, момент инерции. Момент инерции можно получить по следующей формуле[3]:

$$J = \frac{H}{\Omega}, \quad (4.1)$$

где H – кинетический момент, Ω – скорость вращения маховика

По полученному значению момента инерции можно рассчитать габаритные размеры маховика:

1. Наружный радиус маховика
2. Внутренний радиус маховика
3. Высота обода

Между габаритными размерами маховика существует строгая функциональная зависимость, то есть при изменении наружного радиуса для получения требуемого момента инерции необходимо изменить значения внутреннего радиуса или высоты обода.

Для простоты расчета внутреннего радиуса используем метод перебора размеров наружного радиуса и высоты обода.

Внутренний радиус маховика рассчитаем по формуле[3]:

$$r = \left(R^4 - \frac{2 \cdot J}{\pi \cdot \gamma \cdot h} \right)^{0,25}, \quad (4.2)$$

где R- наружный радиус маховика; J – момент инерции, γ - плотность материала маховика; h – высота обода.

Массу маховика рассчитаем следующим образом:

$$m = \pi \cdot \gamma \cdot h \cdot (R^2 - r^2), \quad (4.3)$$

где γ - плотность материала маховика; h – высота обода; R- наружный радиус маховика; r- внутренний радиус маховика.

Рассчитанные параметры представлены в виде таблиц 4.1-6. Значение высоты обода находится в пределах от 20 мм до 50 мм. Наружный радиус обода изменяется от 30 мм до 180 мм.

Таблица 4.1 – Начальные данные для расчета параметров маховика

Начальные данные	
Кинетический момент, Нмс	5
Плотность материала, кг/м ³	7850
Скорость вращения маховика, об/ мин	6000
Скорость вращения маховика, рад/с	628
Момент инерции, кг · м ²	0,00796

В таблицах 4.2 – 4.6 пустые поля в столбцах таблиц означают, что при данных значениях наружного радиуса маховика и высоты обода невозможно вычислить значения внутреннего радиуса обода, и соответственно значение массы обода.

Таблица 4.2 –Результаты расчета при h= 0.02 м

Расчеты при 6000 Об/мин				
Наружный радиус обода	Внутренний радиус обода	Высота обода	Момент инерции	Масса обода
R, м	r, м	h, м	J, кг · м ²	m, кг
0,030		0,020	0,00796	
0,035		0,020	0,00796	
0,040		0,020	0,00796	
0,045		0,020	0,00796	
0,050		0,020	0,00796	
0,055		0,020	0,00796	
0,060		0,020	0,00796	
0,065		0,020	0,00796	
0,070		0,020	0,00796	
0,075		0,020	0,00796	
0,080	0,054	0,020	0,00796	1,710
0,085	0,067	0,020	0,00796	1,365
0,090	0,076	0,020	0,00796	1,149
0,095	0,084	0,020	0,00796	0,994
0,100	0,091	0,020	0,00796	0,874
0,105	0,097	0,020	0,00796	0,778
0,110	0,103	0,020	0,00796	0,699
0,115	0,109	0,020	0,00796	0,633
0,120	0,115	0,020	0,00796	0,576
0,125	0,121	0,020	0,00796	0,528
0,130	0,126	0,020	0,00796	0,485
0,135	0,132	0,020	0,00796	0,448
0,140	0,137	0,020	0,00796	0,415
0,145	0,142	0,020	0,00796	0,386
0,150	0,148	0,020	0,00796	0,360
0,155	0,153	0,020	0,00796	0,336
0,160	0,158	0,020	0,00796	0,315
0,165	0,163	0,020	0,00796	0,296
0,170	0,168	0,020	0,00796	0,278
0,175	0,173	0,020	0,00796	0,262
0,180	0,179	0,020	0,00796	0,248

Таблица 4.3 –Результаты расчета при $h= 0.03$ м

Расчеты при 6000 Об/мин				
Наружный радиус обода	Внутренний радиус обода	Высота обода	Момент инерции	Масса обода
R, м	r, м	h, м	J, кг · м ²	m, кг
0,030		0,030	0,00796	
0,035		0,030	0,00796	
0,040		0,030	0,00796	
0,045		0,030	0,00796	
0,050		0,030	0,00796	
0,055		0,030	0,00796	
0,060		0,030	0,00796	
0,065		0,030	0,00796	
0,070	0,039	0,030	0,00796	2,476
0,075	0,056	0,030	0,00796	1,813
0,080	0,066	0,030	0,00796	1,475
0,085	0,074	0,030	0,00796	1,249
0,090	0,081	0,030	0,00796	1,081
0,095	0,088	0,030	0,00796	0,950
0,100	0,094	0,030	0,00796	0,845
0,105	0,100	0,030	0,00796	0,757
0,110	0,106	0,030	0,00796	0,684
0,115	0,111	0,030	0,00796	0,622
0,120	0,117	0,030	0,00796	0,568
0,125	0,122	0,030	0,00796	0,521
0,130	0,127	0,030	0,00796	0,480
0,135	0,133	0,030	0,00796	0,444
0,140	0,138	0,030	0,00796	0,412
0,145	0,143	0,030	0,00796	0,383
0,150	0,148	0,030	0,00796	0,358
0,155	0,154	0,030	0,00796	0,334
0,160	0,159	0,030	0,00796	0,314
0,165	0,164	0,030	0,00796	0,295
0,170	0,169	0,030	0,00796	0,277
0,175	0,174	0,030	0,00796	0,261
0,180	0,179	0,030	0,00796	0,247

Таблица 4.4 –Результаты расчета при $h= 0.035$ м

Расчеты при 6000 Об/мин				
Наружный радиус обода	Внутренний радиус обода	Высота обода	Момент инерции	Масса обода
R, м	r, м	h, м	J, кг · м ²	m, кг
0,030		0,035	0,00796	
0,035		0,035	0,00796	
0,040		0,035	0,00796	
0,045		0,035	0,00796	
0,050		0,035	0,00796	
0,055		0,035	0,00796	
0,060		0,035	0,00796	
0,065		0,035	0,00796	
0,070	0,048	0,035	0,00796	2,201
0,075	0,060	0,035	0,00796	1,723
0,080	0,069	0,035	0,00796	1,430
0,085	0,076	0,035	0,00796	1,222
0,090	0,083	0,035	0,00796	1,064
0,095	0,089	0,035	0,00796	0,939
0,100	0,095	0,035	0,00796	0,837
0,105	0,101	0,035	0,00796	0,752
0,110	0,106	0,035	0,00796	0,680
0,115	0,112	0,035	0,00796	0,619
0,120	0,117	0,035	0,00796	0,566
0,125	0,123	0,035	0,00796	0,520
0,130	0,128	0,035	0,00796	0,479
0,135	0,133	0,035	0,00796	0,443
0,140	0,138	0,035	0,00796	0,411
0,145	0,143	0,035	0,00796	0,383
0,150	0,149	0,035	0,00796	0,357
0,155	0,154	0,035	0,00796	0,334
0,160	0,159	0,035	0,00796	0,313
0,165	0,164	0,035	0,00796	0,294
0,170	0,169	0,035	0,00796	0,277
0,175	0,174	0,035	0,00796	0,261
0,180	0,179	0,035	0,00796	0,247

Таблица 4.5 –Результаты расчета при h= 0.04 м

Расчеты при 6000 Об/мин				
Наружный радиус обода	Внутренний радиус обода	Высота обода	Момент инерции	Масса обода
R, м	r, м	h, м	J, кг · м ²	m, кг
0,030		0,040	0,00796	
0,035		0,040	0,00796	
0,040		0,040	0,00796	
0,045		0,040	0,00796	
0,050		0,040	0,00796	
0,055		0,040	0,00796	
0,060		0,040	0,00796	
0,065	0,036	0,040	0,00796	2,900
0,070	0,053	0,040	0,00796	2,071
0,075	0,063	0,040	0,00796	1,667
0,080	0,071	0,040	0,00796	1,400
0,085	0,077	0,040	0,00796	1,204
0,090	0,084	0,040	0,00796	1,053
0,095	0,090	0,040	0,00796	0,931
0,100	0,096	0,040	0,00796	0,831
0,105	0,101	0,040	0,00796	0,748
0,110	0,107	0,040	0,00796	0,677
0,115	0,112	0,040	0,00796	0,617
0,120	0,118	0,040	0,00796	0,564
0,125	0,123	0,040	0,00796	0,518
0,130	0,128	0,040	0,00796	0,478
0,135	0,133	0,040	0,00796	0,442
0,140	0,138	0,040	0,00796	0,411
0,145	0,144	0,040	0,00796	0,382
0,150	0,149	0,040	0,00796	0,357
0,155	0,154	0,040	0,00796	0,334
0,160	0,159	0,040	0,00796	0,313
0,165	0,164	0,040	0,00796	0,294
0,170	0,169	0,040	0,00796	0,277
0,175	0,174	0,040	0,00796	0,261
0,180	0,179	0,040	0,00796	0,247

Таблица 4.6 –Результаты расчета при $h= 0,05$ м

Расчеты при 6000 Об/мин				
Наружный радиус обода	Внутренний радиус обода	Высота обода	Момент инерции	Масса обода
R, м	r, м	h, м	J, кг · м ²	m, кг
0,030		0,050	0,00796	
0,035		0,050	0,00796	
0,040		0,050	0,00796	
0,045		0,050	0,00796	
0,050		0,050	0,00796	
0,055		0,050	0,00796	
0,060		0,050	0,00796	
0,065	0,047	0,050	0,00796	2,477
0,070	0,058	0,050	0,00796	1,937
0,075	0,066	0,050	0,00796	1,601
0,080	0,073	0,050	0,00796	1,362
0,085	0,079	0,050	0,00796	1,180
0,090	0,085	0,050	0,00796	1,037
0,095	0,091	0,050	0,00796	0,920
0,100	0,097	0,050	0,00796	0,824
0,105	0,102	0,050	0,00796	0,742
0,110	0,107	0,050	0,00796	0,673
0,115	0,113	0,050	0,00796	0,614
0,120	0,118	0,050	0,00796	0,562
0,125	0,123	0,050	0,00796	0,516
0,130	0,128	0,050	0,00796	0,476
0,135	0,134	0,050	0,00796	0,441
0,140	0,139	0,050	0,00796	0,410
0,145	0,144	0,050	0,00796	0,381
0,150	0,149	0,050	0,00796	0,356
0,155	0,154	0,050	0,00796	0,333
0,160	0,159	0,050	0,00796	0,312
0,165	0,164	0,050	0,00796	0,294
0,170	0,169	0,050	0,00796	0,277
0,175	0,174	0,050	0,00796	0,261
0,180	0,179	0,050	0,00796	0,246

По полученным результатам расчета построены графики зависимости наружного радиуса от внутреннего и наружного радиуса от массы обода.

Рисунок 4.1 представляет собой функциональную зависимость наружного радиуса от внутреннего радиуса при различных значениях высоты обода.

Рисунок 4.2 представляет зависимость значения массы обода от его наружного радиуса при различных значениях высоты обода.

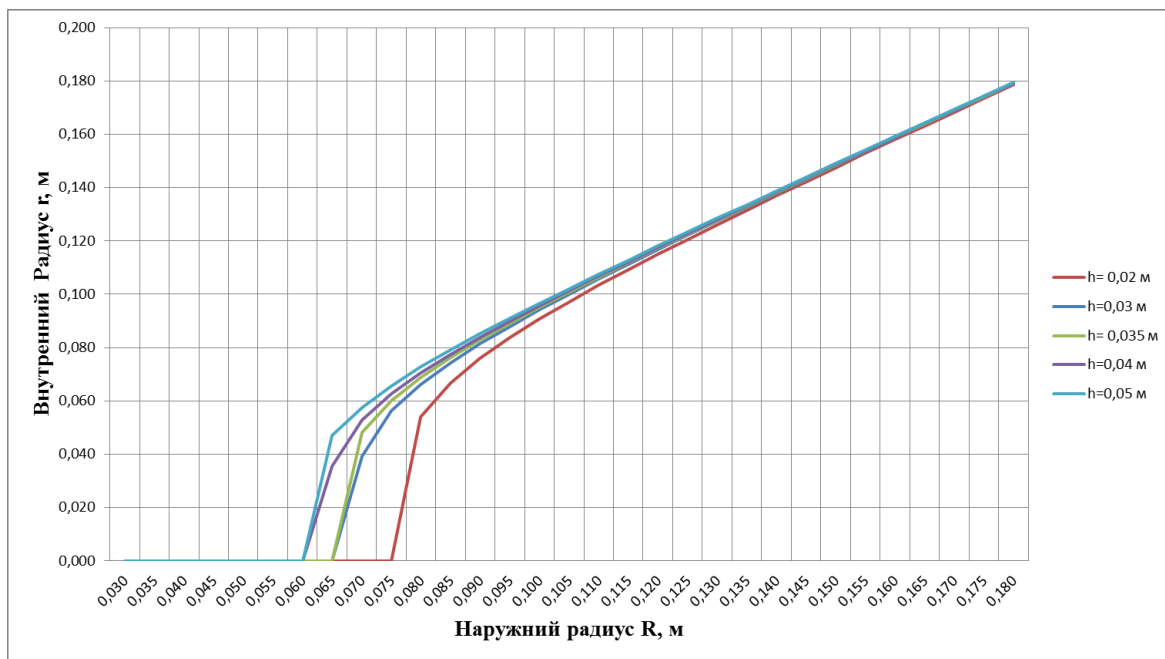


Рисунок 4.1 - Расчеты при скорости вращения маховика 6000 об/мин

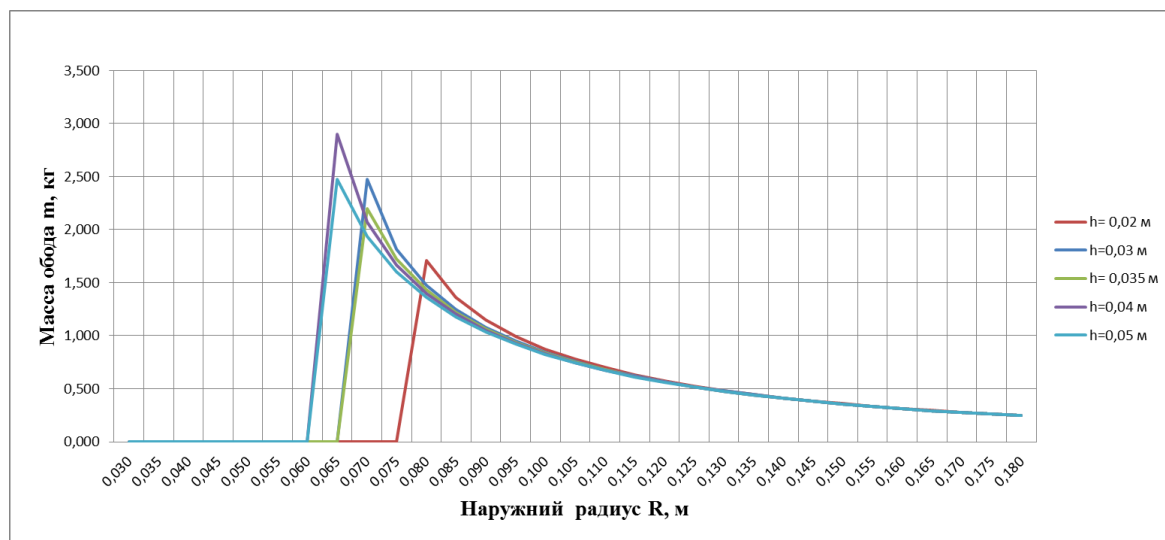


Рисунок 4.2 - Зависимость массы обода от внешнего радиуса маховика

Оптимальный вариант значений габаритов маховика получается при наружном радиусе $R = 0,08$ м.

Таблица 4.7 - Габаритные размеры маховика

Параметр	Значение
Момент инерции J , кг · м ²	0,00796
Наружный радиус R , м	0,08
Внутренний радиус r , м	0,069
Высота обода h , м	0,035
Масса маховика m , кг	1,431

По полученным данным программе T- Flex CAD 15 построена параметрическая 3D модель маховика с учетом требований, предъявляемых к гиродину. Параметризация позволяет получить вариант маховика для разных значений габаритов. Это означает, что при изменении наружного радиуса обода полностью изменяется построенная 3D модель. Полученная 3D модель приведена на рисунке 4.3.

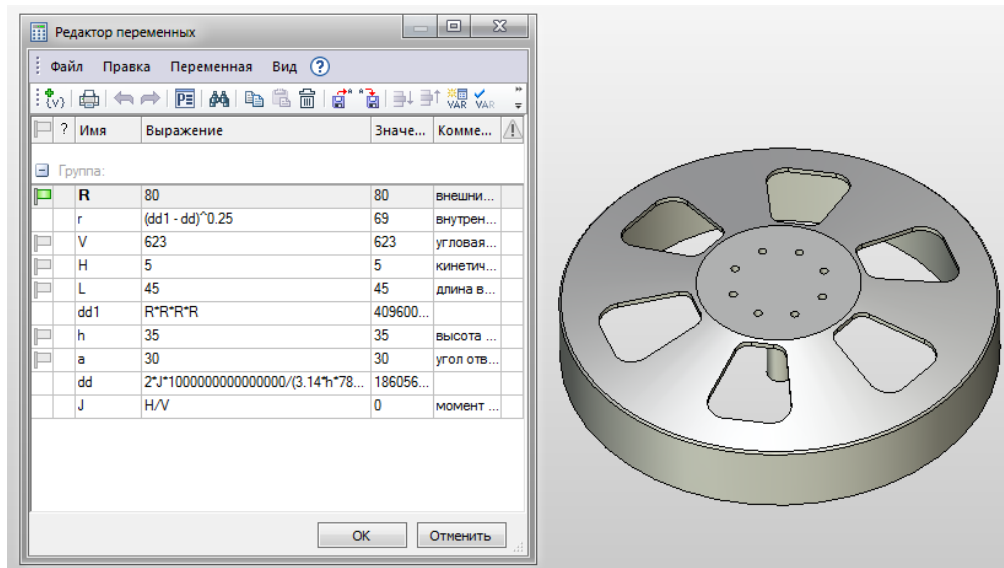


Рисунок 4.3 - 3D модель маховика с настройками параметризации

4.2. Расчет критической скорости

Критическая скорость является одной из важнейшей характеристик двигателей-маховиков. Для расчета критической необходима структурная схема установки маховика на опоры.

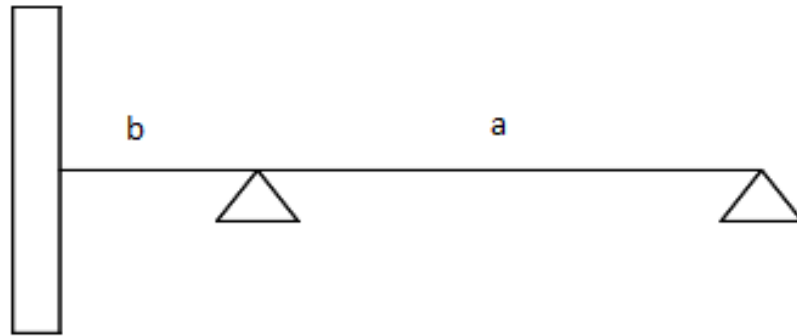


Рисунок 4.4 – Структурная схема установки маховика на опоры
Для расчета критической скорости используем следующую формулу

$$\omega_k = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{2}(m \cdot \alpha - J \cdot \beta) - \sqrt{\frac{1}{4}(m \cdot \alpha - J \cdot \beta) + m \cdot J(\alpha \cdot \beta - \gamma^2)}}}, \quad (4.4)$$

где J – момент инерции маховика, m – масса обода α, β, γ – коэффициенты влияния. Значения коэффициентов влияния находятся из следующих формул

$$\alpha = \frac{a \cdot b^2}{3 \cdot E \cdot J_1} + \frac{b^3}{3 \cdot E \cdot J_2}, \quad (4.5)$$

$$\beta = \frac{a}{3 \cdot E \cdot J_1} + \frac{b}{E \cdot J_2}, \quad (4.6)$$

$$\gamma = \frac{a \cdot b}{3 \cdot E \cdot J_1} + \frac{b}{3 \cdot E \cdot J_2}, \quad (4.7)$$

где E – модуль упругости; a – расстояние между опорами; b – расстояние от маховика до опоры левой опоры; J_1 – моменты инерции вала между опорами; J_2 – момент инерции вала консоли. Начальные данные для расчета приведены в таблице 4.8

Таблица 4.8 – Расчет критической скорости

Параметр	Значение
a, м	0,022
b, м	0,006
m, кг	1,431
J1 кг · м ²	$4,9 \cdot 10^{-10}$
J2 кг · м ²	$4,9 \cdot 10^{-10}$
E, Па	$200 \cdot 10^9$

Рассчитаем значение коэффициентов влияния

$$\alpha = \frac{0,022 \cdot 0,045^2}{3 \cdot 200 \cdot 10^9 \cdot 4,9 \cdot 10^{-10}} + \frac{0,045^3}{3 \cdot 200 \cdot 10^9 \cdot 4,9 \cdot 10^{-10}} = 1,3 \cdot 10^{-7} \quad (4.8)$$

$$\beta = \frac{0,022}{3 \cdot E \cdot 4,9 \cdot 10^{-10}} + \frac{0,045}{E \cdot 4,9 \cdot 10^{-10}} = 1,35 \cdot 10^{-4} \quad (4.9)$$

$$\gamma = \frac{0,022 \cdot 0,045}{3 \cdot 200 \cdot 10^9 \cdot 4,9 \cdot 10^{-10}} + \frac{0,045}{3 \cdot 200 \cdot 10^9 \cdot 4,9 \cdot 10^{-10}} = 6,3 \cdot 10^7 \quad (4.10)$$

С помощью полученных значений коэффициентов влияния, рассчитаем значение критической скорости по формуле

$$\omega_k = \frac{1}{\sqrt{(-4,5 \cdot 10^{-7}) + 6,2 \cdot 10^{-7}}} = 2427 \text{ рад/с}, \quad (4.11)$$

Значение рабочей скорости должно быть в пределе[]

$$0,7 \cdot \omega < \omega_k, \quad (4.12)$$

Если требования не выполняются, то значение рабочей скорости близко к значению критической скорости. При значениях рабочей скорости, лежащих близко к значению критической скорости, при работе будет возникать резонанс. Это приведет к увеличению амплитуды вынужденных колебаний вала, что представляет опасность для прочности вала, шарикоподшипниковых опор и прочности всей конструкции в целом.

Маховик вращается при рабочей скорости 6000 об/ мин = 623 рад/с.

$$0,7 \cdot 623 = 436,1 \text{ рад/с} < 2427 \text{ рад/с}, \quad (4.13)$$

Необходимое требование выполняется, следовательно при рабочей скорости 6000 об/мин не возникнет резонанса.

4.3. Расчет массы исполнительного органа

Расчет массы исполнительного органа (ИО) производится автоматически с помощью программы T-Flex CAD 15. Программа позволяет рассчитать массу трехмерной модели. Главным условием для расчета является определение материала для каждой модели.

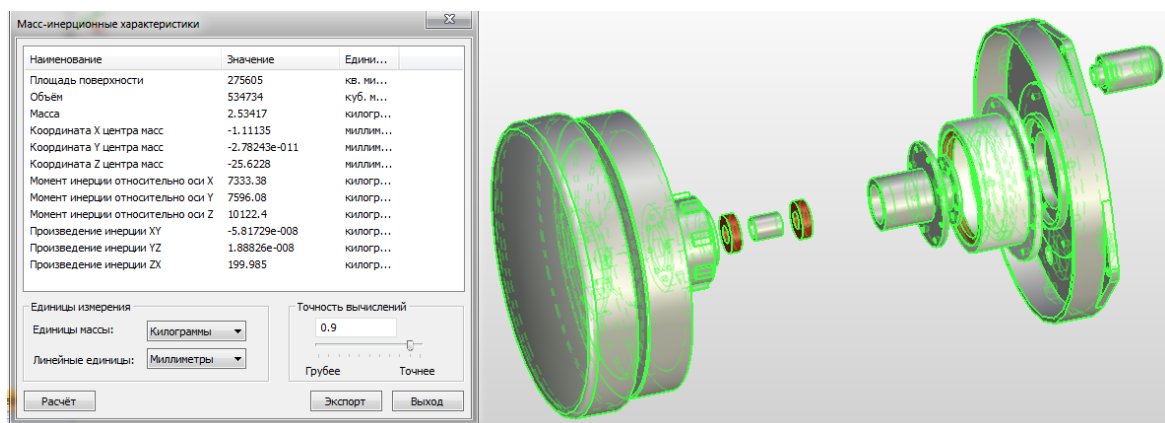


Рисунок 4.5 – Расчет массы ИО

При расчете массы 3D модели не учитывалась масса крепежных элементов исполнительного органа. По результатам расчета масса исполнительного органа равна 2,53 кг.

5 Социальная ответственность

5.1. Производственная безопасность

5.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования

Объектом исследования является проектирование гироина для управления летательным аппаратом. Гиридин является источником шума и вибраций, так как содержит быстровращающийся маховик, установленный на шарикоподшипниковые опоры.

Повышенный уровень шума

Шум – Звуковые колебания в диапазоне слышимых частот, способные оказать вредное воздействие на безопасность и здоровье работника. [6]

Внезапные шумы высокой интенсивности, даже кратковременные (взрывы, удары и т.п.), могут вызвать как острые нейросенсорные эффекты (головокружение, звон в ушах, снижение слуха), так и физические повреждения (разрыв барабанной перепонки с кровотечением, поражения среднего уха и улитки).

Нарушения слуха - проблема не только здоровья отдельного работника, но и безопасности труда как его самого, так и третьих лиц. Прежде всего это касается таких профессий, как пилоты гражданской авиации, водители транспортных средств и другие профессии высокого риска.[7]

Повышенный уровень вибраций

Вибрация – механические колебания твердых тел (деталей машин и механизмов) которые характеризуются частотой и амплитудой. Вибрацию порождают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе машин.

При работе гиридина возникновение вибраций, неизбежно. Из - за вибраций в работе гиридина может возникнуть резонанс частот. При этом

последует неизбежная поломка гиродина. Поэтому при проектировании гиродина вопрос о борьбе с вибрациями требует особого внимания.

К способам борьбы с вибрацией относятся снижение вибрации в источнике (улучшение конструкции машин, статическая и динамическая балансировка вращающихся частей машин), виброгашение (увеличение эффективной массы путем присоединения машины к фундаменту).

5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

В таблице 5.1 приведены вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть на рабочем месте при проектировании гиродина.

Таблица 5.1 – основные опасные и вредные факторы, возникающие на рабочем месте при проектировании гиродина.

Наименование видов работ и параметров процесса исследования	Факторы ГОСТ 12.0.003-74ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Лаборатория	-	Электрический ток	ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность.
Лаборатория	Недостаточная освещенность рабочей зоны	-	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение
Лаборатория	Повышенная или пониженная температура рабочей зоны	-	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

Поражение электрическим током

Воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний[8].

Степень воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- продолжительности воздействия электрического тока или электромагнитного поля на организм человека;
- условий внешней среды.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства:

- защитные оболочки;
- защитные ограждения (временные или стационарные);
- защитные барьеры;
- безопасное расположение токоведущих частей.
- изоляция токоведущих частей (основная, дополнительная, усиленная, двойная);
- изоляция рабочего места;
- малое напряжение;
- защитное отключение;
- электрическое разделение;
- предупредительная сигнализация, блокировки, знаки безопасности.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы:

- защитное заземление;
- зануление.
- малое напряжение;
- контроль изоляции;
- компенсацию токов замыкания на землю;

- электроизоляционные средства;
- средства индивидуальной защиты.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита при нормальном функционировании электроустановок и при возникновении аварийных ситуаций.

Недостаточная освещённость рабочей зоны

Требования к освещенности производственных помещений устанавливаются санитарными нормами СП 52.13330.2016. Нормирование производственного помещения производится в зависимости от характера зрительной работы, определяемого размерами объекта и фона.

При работе за компьютером освещенность рабочего места должна составлять 300-500 Лк, а освещенность экрана не должна превышать 300 Лк.[9]

Для достижения таких требований к освещенности, целесообразно использовать галогенную лампу мощностью 12 Вт, дающую освещенность в 340 Лк.

Наименьший объект различия – это линии чертежа гиродина, толщина которых равна 0,3 мм по базовым настройкам в программе T-Flex CAD.

При выполнении работ рекомендуется использовать комбинированное искусственное освещение. Это позволит обеспечить равномерное распределение света по всей площади[10].

Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88.

Работа за компьютером относится к работе операторского типа, связанная с нервно-эмоциональным напряжением, поэтому должны соблюдаться оптимальные величины температуры воздуха 22-24°C, его относительной влажности 60-40% и скорости движения (не более 0,1 м/с) [11].

Изменения температуры и влажности воздуха в помещении может быть вызвано следующими факторами: изменение температуры среды вне

помещения, время года, время суток, одновременное нахождение в помещении большого количества людей.

5.1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Вредные и опасные факторы могут принести непоправимый урон здоровью человека, поэтому необходимо пройти инструктаж по технике безопасности [12].

Перед началом работы в лаборатории, необходимо пройти инструктажи по технике безопасности вводный и первичный. Повторный инструктаж проходят после, вводного и первичного инструктажей через некоторый промежуток времени. Прохождение инструктажа отмечается в журнале по технике безопасности.

Перед началом работы нужно проверить исправность оборудования (вилки и подводящих кабелей). Проверить исправность электрической розетки. Протереть поверхность прибора влажной тряпкой от пыли.

Во время работы в лаборатории необходимо соблюдать чистоту, порядок. На рабочем месте не должно быть посторонних вещей.

5.2. Экологическая безопасность

5.2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Гироскоп – это прибор, позволяющий управлять ориентацией космического аппарата (КА) в пространстве. Поэтому говоря о влиянии прибора на окружающую среду, можно говорить о влиянии КА на окружающую среду.

На земной орбите находятся тысячи спутников. Все они имеют разный возраст и значение. В определенный момент спутники достигают конца своей жизни, после чего становятся мусором, бороздящим космические просторы

Инженеры создают различные методы уменьшения космического мусора. Как показывают прогнозы, если в ближайшее время мы не решим проблему с мусором, то многие из наиболее полезных орбит окажутся переполненными летающими обломками. Сталкиваясь между собой и со спутниками, в конечном счете, обломки могут нанести непоправимый урон. Учитывая то, какое значение спутники играют в современном мире, чрезвычайно важно отчистить околоземное пространство от вышедших из эксплуатации спутников и остановить дальнейшее загрязнение.

5.2.2. Анализ «жизненного цикла» объекта исследования

Гироскоп является частью системы управления космическим аппаратом (КА). Поэтому, говоря о жизненном цикле объекта исследования, можно говорить о жизненном цикле спутника.

В среднем жизненный цикл космических аппаратов российского производства составляет 5-10 лет

После окончания срока службы спутник выводится с орбиты Земли и сгорает в атмосфере. Если размеры спутника достаточно большие, то они могут нанести непоправимый урон на поверхности Земли. Поэтому некоторая часть космических аппаратов становится космическим мусором, который беспорядочно летает по не стационарным орбитам Земли.

5.2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Защита окружающей среды - это комплексная проблема, требующая усилий всего человечества. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам. Это потребует решение целого комплекса сложных технологических, конструкторских и организационных задач, основанных на использовании новейших научно-технических достижениях. Внедрение новых информационных технологий позволяет перейти на безбумажную технологию. Суть этой технологии проста, вся информация, используемая на производстве, преобразуется в электронный вид.

Конечно же, наряду с преимуществами в использовании средств вычислительной техники возникают и проблемы. Одна из них - потребление электроэнергии. С увеличением количества компьютерных систем, внедряемых в производственную сферу, увеличивается и объем потребляемой ими электроэнергии, что влечет за собой увеличение мощностей электростанций и их количества[12].

И то и другое не обходится без нарушения экологической обстановки. Рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как:

- изменение климата - накопление углекислого газа в атмосфере Земли (парниковый эффект);
- загрязнение воздушного бассейна другими вредными и ядовитыми веществами;
- загрязнение водного бассейна Земли;
- опасность аварий в ядерных реакторах, проблема обезвреживания и утилизации ядерных отходов;
- изменение ландшафта Земли.

Одним из решения проблемы с энергопотреблением - это внедрение систем с малым энергопотреблением на производстве.

5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При проектировании гиродина с помощью CAD систем, наиболее вероятная ЧС это пожар.

Причинами пожара могут быть:

- токи короткого замыкания;
- электрические перегрузки;
- выделение тепла, искрение в местах плохих контактов при соединении проводов;
- курение в неположенных местах.

Мероприятия, устраняющие причины пожара, подразделяются на технические, эксплуатационные и организационные.

Для предотвращения пожара в рабочем помещении, необходимо соблюдать, следующие технические и эксплуатационные мероприятия:

- содержать помещение в чистоте, убирать своевременно мусор. По окончании работы проводить влажную уборку всех помещений;
- работа должна проводиться только при исправном электрооборудовании;
- на видном месте должен быть вывешен план эвакуации из корпуса с указанием оборудования, которое нужно эвакуировать в первую очередь;
- уходящий из помещения последним должен проверить: выключены ли нагревательные приборы, электроприборы, силовая и осветительная электрическая сети.

Также необходимо соблюдение организационных мероприятий[12]:

- правильное содержание помещения;
- противопожарный инструктаж сотрудников;
- издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности;
- организация добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий;
- наличие наглядных пособий, иллюстративного материала и т. д.

В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь планом эвакуации из помещения.

5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.4.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

Право на безопасный труд закреплено в Конституции РФ. В области охраны труда на предприятиях и в учреждениях основными законодательными актами являются Трудовой кодекс РФ (ТК РФ). Основные законодательные акты, обеспечивающие безопасные и безвредные условия труда, представлены ТК РФ.

Служба охраны труда в соответствии с возложенными на нее основными задачами выполняет следующие функции:

- проводит анализ состояния и причин производственного травматизма и профессиональных заболеваний, разрабатывает совместно с соответствующими службами мероприятия по предупреждению несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также контролирует их выполнение;
- организует работу по проведению паспортизации санитарно-технического состояния на рабочих местах по подразделениям предприятия;
- организует совместно с соответствующими службами предприятия разработку и выполнение комплексного плана улучшения условий труда, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий, а также участвует в разработке соглашений по труду;
- подготавливает и вносит руководству предприятия предложения по разработке и внедрению более совершенных конструкций, предохранительных устройств и других средств защиты от опасных производственных факторов;

- участвует в работе по внедрению стандартов безопасности труда и научных разработок по охране труда;
- проводит совместно с соответствующими службами предприятия и с участием профсоюзного актива проверки (или участвует в проверках) технического состояния зданий, сооружений, оборудования, эффективности работы вентиляционных систем, состояния санитарно-технических устройств, санитарно-бытовых помещений;
- контролирует правильность составления и своевременность представления заявок на приобретение спецодежды, спецоборудования и других средств индивидуальной защиты, а также оборудования и материалов для осуществления мероприятий по охране труда;
- оказывает помощь подразделениям предприятия в организации контроля состояния окружающей производственной среды;
- участвует в работе комиссий по приемке в эксплуатацию новых и после реконструкции объектов производственного назначения, оборудования и машин, проверяя выполнение требований по обеспечению здоровых условий труда;
- проводит вводный инструктаж и оказывает помощь в организации обучения работников по вопросам охраны труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-2015 и действующими нормативными документами;
- участвует в работе аттестационной комиссии и комиссии по проверке знания специалистами правил и норм по охране труда, инструкций по технике безопасности.

В соответствии с ТК РФ организация обеспечения безопасности труда в подразделениях возложена на их руководителей, которые проводят инструктаж по охране труда на рабочих местах. Общую ответственность за организацию работ по охране труда несет руководитель предприятия, а в его отсутствие — главный инженер.

5.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Компоновка рабочей зоны должна соответствовать эргономическим требованиям. Выполнение эргономических требований позволяет существенно снизить физическую и психологическую утомляемость персонала. Проведение мероприятий по оптимизации условий производства с эргономической точки зрения позволяет повысить производительность труда. К эргономическим показателям трудового процесса, обеспечивающим максимальную эффективность, безопасность и комфортность труда, относятся:

- гигиенические: факторы внешней среды;
- физиологические: соответствие рабочего места характеру работ, а также скоростным, энергетическим, зрительным и другим физическим способностям человека;
- психологические: соответствие навыков и возможностей восприятия умственных нагрузок при работе;

Факторы окружающей среды оптимизируются исходя из требований производственной санитарии к основным параметрам микроклимата.

По оценке физиологических факторов можно исходить из того, что при выполнении 1 категории (легкая физическая работа) высота рабочей поверхности, при выполнении работ сидя для человека ростом 170-180см, должна составлять 740-790 мм над уровнем пола, высота рабочего сиденья 430-465мм. Высота расположения средств отображения информации на уровне 90-100 см. Рабочее место соответствует приведенным выше нормам.

Выполнение требований к психологическим факторам обеспечивается возможностью периодического отдыха для снятия умственного и психологического напряжения, размеренным ритмом работ[13].

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

6.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Гиродин – это исполнительный орган системы ориентации космического аппарата, он обеспечивает необходимое положение в пространстве космического аппарата.

В настоящее время такие приборы используются на международной космической станции. С постоянным развитием уровня технологий, появляются новые конструкции гиринов, обладающие меньшими недостатками по сравнению со старыми конструкциями.

Соответственно, потребителями результатов исследования в данной работе являются компании и научно- производственные объединения, чья деятельность связана с производством оборудования и приборов, востребованных в космонавтике. Одна из таких компаний это АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва». Данное предприятие является Ведущим в России по созданию космических аппаратов связи, ретрансляции, навигации, геодезии.

6.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 6.2, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации[14].

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Конкурент 1 – Гиродин СГК-20-20, АО «НПЦ» Полюс

Конкурент 2 – Двигатель маховик Агат- 15, АО «НПЦ» Полюс

Характеристики исполнительных органов представлены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технические характеристики исполнительных органов

Прибор	Кинетический момент, Н · м · с	Максимальный управляющий момент, Н · м	Масса, кг	Ресурс работы, ч
СГК-20-20	20	20	14,5	150000
Агат- 15	15	0,15	20	100000

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$K = \sum B_i * B_i$, где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

Таблица 6.2 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,08	4	4	5	0,32	0,32	0,4
2. Помехоустойчивость	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
3. Надежность	0,15	5	5	4	0,75	0,75	0,6
4. Безопасность	0,12	5	4	5	0,48	0,48	0,6
5. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
6. Простота эксплуатации	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
2. Уровень проникновения на рынок	0,08	4	5	5	0,32	0,4	0,4
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
4. Послепродажное обслуживание	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Итого	1	43	45	44	4,25	4,90	4,38

Сравнение конкурентных технических решений показало, что разрабатываемый гиродин является практически конкурентоспособным и по показателям не сильно уступает перечисленным выше конкурентам.

6.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (Quality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей[14]:

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме. Таблица представлена в приложении В.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 6.3 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5*2)
1	2	3	4	5	
1.	0.08	80	100	0.8	0.064

Помехоустойчивость					
2. Безопасность	0.1	80	100	0.8	0.08
3. Простота эксплуатации	0.1	90	100	0.9	0.09
4. Ремонтопригодность	0.12	80	100	0.8	0.096
5. Надежность	0.15	90	100	0.9	0.135
6. Энергоэффективность	0.15	90	100	0.9	0.135
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0.08	80	100	0.8	0.064
8. Перспективность рынка	0.08	80	100	0.8	0.064
9. Послепродажное обслуживание	0.14	90	100	0.9	0.126
Итого	1			7,6	0,854

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле: $P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i$,

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение $P_{cp} = 73,2$ позволяет говорить о том, что перспективность выше среднего.

Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенно снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов.

6.1.4 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Он проводится в несколько этапов. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для

реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий[14].

1. Сильные стороны. Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован.

2. Слабые стороны. Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

3. Возможности. Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

4. Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

Составим матрицу SWOT и представим ее в таблице 6.4

Таблица 6.4 - SWOT матрица

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Экологичность технологии</p> <p>С2. Большой срок службы прибора</p> <p>С3. Энергоэффективность технологии</p> <p>С4. Минимальные массогабаритные размеры прибора</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В2. Использование новых материалов</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В4. Использование новых технологичных конструкций</p>		
<p>Угрозы :</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии</p> <p>У2. Внедрение дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p> <p>У3. Развитая конкуренция технологий производства</p>		

Построим интерактивную матрицу

Таблица 6.5 – Интерактивная матрица

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	0	0	+
	В2	+	+	+	0
	В3	-	0	-	+
	В4	+	+	0	+

На основе интерактивной матрицы построим конечную матрицу SWOT анализа. В случае, когда две возможности сильно коррелируют с одними и

теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе.

Таблица 6.6 - SWOT матрица

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Экологичность технологии</p> <p>С2. Большой срок службы прибора</p> <p>С3. Энергоэффективность технологии</p> <p>С4. Минимальные массогабаритные размеры прибора</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В2. Использование новых материалов</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В4. Использование новых технологичных конструкций</p>	<p>Использование новых материалов, и технологичных конструкций коррелирует с большей частью сильных сторон</p>	
<p>Угрозы :</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии</p> <p>У2. Внедрение дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p> <p>У3. Развитая конкуренция технологий производства</p>		

На основе SWOT анализа можно сделать вывод, что одними из сильных сторон являются большой срок службы прибора, энергоэффективность технологии, минимальные массогабаритные размеры прибора.

6.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

В предыдущем разделе были описаны методы, которые позволяют выявить и предложить возможные альтернативы проведения исследования и доработки результатов. К их числу относятся технология QuaD, оценка

конкурентных инженерных решений, SWOT-анализ. Однако, в большей степени все приведенные методы ориентированы на совершенствование результатов научного исследования, находящегося на стадии создания макета, модели системы, прототипа, конечного продукта. Если разработка находится на перечисленных стадиях жизненного цикла нового продукта, можно предложить не менее трех основных вариантов совершенствования разработки или основных направлений научного исследования.

Составим морфологическую матрицу для гиродвигателя.

Таблица 6.7 – Морфологическая матрица для гиродвигателя

	1	2	3	4
А. Форма Маховика				
Б. Материал маховика	Сталь	Алюминиевый сплав	Углепластик	Титановый сплав
В. Вид двигателя	Асинхронный ГД	Синхронный ГД с постоянными магнитами	Синхронный гистерезисный	БДПТ
Г. ДПР	Магнитоиндукционный	На эффекте Холла	Оптоэлектрический	

Данная матрица показывает возможные варианты решения конструкции гироидина. Возможные варианты решения 1А2Б1В2Г, 4А2Б1В1Г. Наиболее технологичное решение 2А1Б4В2Г представляют собой гиродвигатель, в котором маховик колокольной формы, выполненный из стали, электродвигатель БДПТ и датчик положения ротора работающий на эффекте Холла.

6.3. Планирование научно – исследовательских работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;






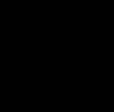



- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Для построения календарного план графика проведения работы используем диаграмму Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 6.8 – календарный план график исследования по теме гиродин для управления КА

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																							
				декабрь			январь			февраль			март			апрель			май			июнь					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Составление ТЗ	Научный руководитель	4																								
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент (дипломник)	3																								
3	Выбор направления исследований	Руководитель, студент (дипломник)	1																								
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент (дипломник)	4																								
5	Проведение анализа литературы по теме ВКР	Студент (дипломник)	18																								
6	Проведение теоретических расчетов	Студент (дипломник)	20																								
7	Построение 3Д моделей	Студент (дипломник)	75																								
8	Анализ, построенных 3Д моделей	Руководитель, студент (дипломник)	20																								
9	Корректировка результатов построения	Студент (дипломник)	20																								

10	Анализ полученных результатов, выводы	Студент (дипломник)	7																				
11	Проверка результатов исследований	Научный руководитель	5																				
12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент (дипломник)	1																				
13	Составление пояснительной записки	Студент (дипломник)	2																				

▨ - научный руководитель

■ - студент (дипломник)

Вывод по разделу « Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение»

Проведенные расчеты технологии QuaD показали, что разрабатываемая конструкция гиродина является конкурентоспособной. И может быть достойным конкурентом для двигателей - маховиков. Произведен SWOT анализ при помощи которого, выявлены сильные и слабые стороны данного исследования.

Приведена морфологическая матрица исследования гиродвигателя для гиродина. Одним из решений матрицы является 2A1B4B2Г представляющее собой гиродвигатель, в котором маховик колокольной формы, выполненный из стали, бесконтактный двигатель постоянного тока и датчик положения ротора работающий на эффекте Холла.

Составлен план-график научно-технического исследования. Содержание работ для проведения исследования составило 13 пунктов. Для иллюстрации календарного графика была использована диаграмма Ганта, обладающая высокой степенью информативности. Общая продолжительность исследования составила 160 дней.

Заключение

В данной работе спроектирован гиросистемы ориентации космического аппарата на базе силового гироскопа.

В ходе работы определены габаритные размеры маховика, исходя из требований к исполнительному органу. Гиросистема по техническому заданию должна вырабатывать кинетический момент $H = 5 \text{ Нм}$ и иметь угловую скорость вращения маховика равную 6000 об/мин.

По результатам расчетной части построены 3D модели деталей, входящих в состав гиросистемы и построена 3D сборка с помощью программы T-flex CAD15. Каждая модель включает в себя параметризацию по одному общему параметру, а именно наружный радиус маховика.

Конструкция гиросистемы представлена на сборочном чертеже. Выполнен рабочий чертеж маховика и составлена спецификация.

Список использованных источников

1. Гладышев Г.Н., Дмитриев В.С., Копытов В.И. Системы управления космическими аппаратами. - Томск: Изд. ТПУ, 2000. - 207с.
2. Гладышев Г.Н., Дмитриев В.С., Костюченко Т.Г. Электромеханические исполнительные органы систем ориентации космических аппаратов . - Томск: Изд. ТПУ, 2013. - 208с.
3. Жолдак С.А., Технология изготовления малогабаритных гиromоторов. Судпромгиз – 1961
4. Справочник конструктора-приборостроителя. Под. ред. Соломоха В.Л., Томилин Р.И. – Мн.: Выш. шк., 1988. – 72.
5. Гурин Л.Б., Нестеренко Т.Г., Плотников И.А. Основы конструирования механизмов приборных систем. – Изд. ТПУ, 2001. – 104.
6. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. С.В. Романенко, Ю.В. Анищенко – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 11 с.
7. Белов С.В., Ильницкая А.В. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов. – М.: В.Ш., 1999. -215с.
- 8.ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. [Электронный ресурс]. h
<http://docs.cntd.ru/document/1200080203>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
- 9.СП 52.13330.2011 – Естественное и искусственное освещение, [Электронный ресурс]. <http://docs.cntd.ru/document/1200084092>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
10. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [Электронный ресурс]. <http://docs.cntd.ru/document/1200003608>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;

11. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс]. <http://docs.cntd.ru/document/1200003913>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
12. ГОСТ 12.0.004-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения. [Электронный ресурс]. <http://docs.cntd.ru/document/1200136072>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
13. ГОСТ 12.0.003 -. Опасные и вредные производственные факторы. [Электронный ресурс]. <http://docs.cntd.ru/document/1200136071>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус;
14. И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение . - Томск: Изд. ТПУ, 2014. - 36с.

Приложение А ФЮРА 526252.007.Сборочный чертеж и спецификация

Приложение Б ФЮРА.314517.007. Рабочий чертеж